УДК 504.064.36

# БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ КОСТОМУКШСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА

М.Г. ОПЕКУНОВА[1], С.Ю. КУКУШКИН[1], И.Ю. АРЕСТОВА[1], Е.Ю. ЕЛСУКОВА[1].

[1]Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург (m.opekunova@mail.ru)

По результатам проведенных исследований в районе воздействия Костомушкского горно-обогатительного комбината сделан вывод о недостаточности использования результатов только химического анализа содержания металлов в почвенном покрове. Необходимо проводить оценку риска загрязнения по всему ряду индикаторных видов растений.

Территории вокруг рудных месторождений вызывают пристальное внимание специалистов-экологов в связи с поступлением загрязняющих веществ во все компоненты экосистем на всех стадиях их разработки и эксплуатации. Одним из таких объектов, расположенных в зоне северной тайги, является Костомукшский горно-обогатительный комбинат (КГОК), эксплуатирующий месторождение железистых кварцитов.

Костомукшское месторождение железистых кварцитов располагается в Калевальском районе Республики Карелия, является крупнейшим по запасам на Северо-Западе России и разрабатывается с 1982 г. предприятием ОАО «Карельский окатыш». Добыча руды достигает в среднем около 30,6 млн т/год, производство железных окатышей – около 10 млн т/год. При этом аэротехногенные выбросы $SO_2$ предприятия составляют приблизительно 30 тыс т/год, пыли 7-8 тыс т/год. [2]

Исследования, связанные с воздействием выбросов КГОК на различные компоненты окружающей среды, ведутся практически с начала активной деятельности комбината. С начала 1980-х годов в районе проводятся исследования Институтом леса и Институтом водных проблем Севера Карельского НЦ АН СССР, работают научные коллективы С.-Петербургского Горного института, СПбГУ и др. По результатам работ опубликовано большое количество статей и монографий, защищены диссертации.

Однако, основной упор во всех работах делается на фиксацию существующего загрязнения среды, не уделяя особого внимания вопросам трансформации потоков загрязняющих веществ в ландшафтах. Между тем, именно изменение принципов аккумуляции и распределения по различным компонентам среды таких веществ, как тяжелые металлы (ТМ), может позволить оценить реальную опасность деградации природных экосистем в будущем даже при незначительных концентрациях металлов в настоящий момент. В качестве индикаторов происходящих подобных изменений удобно использовать растительность, так как она тесно связана со всеми компонентами ландшафта и быстро реагирует на происходящие в нем изменения. При этом необходимо учитывать, что одна и та же реакция растений возможна как на антропогенные загрязнения среды, так и на естественные колебания геохимического фона.

Для выявления существующих потоков тяжелых металлов в ландшафтах в районе г. Костомукша летом 2018 г проводились исследования на нескольких участках, характеризующихся разной степенью нарушенности природных экосистем. В качестве фоновых использовались площадки, расположенные на территории Костомукшского заповедника возле). Антропогенное воздействие оценивалось на участках, расположенных на территории самого КГОКа и в г. Костомукша

Пробоотбор почв осуществлялся в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83. На каждой площадке методом конверта отбирались пробы почв из горизонтов О (0-10 см) и BF

(15-25 см). Для анализа вертикальной и латеральной миграции ТМ в почвах на ключевых участках были заложены и изучены почвенные разрезы, пробы из которых отбирались по каждому горизонту. Для анализа миграции металлов из почв в растительность на большинстве площадок проводился отбор проб корки сосны *Pinus silvestris L.*. Определение подвижных форм проводили с использованием почвенной вытяжки аммонийно-ацетатным буфером (pH=4,8) на атомно-абсорбционном спектрометре NOVAA-315. Анализ валового содержания тяжелых металлов в почвах и содержания металлов в растениях проводился методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на приборе «ELAN-6100 DRC» с полным кислотным разложением проб по ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98.

Анализ кислотности почв показал, что для всех естественных почв района работ актуальная кислотность находится в пределах от 3,47 до 6,39 единиц pH, а потенциальная – в пределах от 2,87 до 5,75. Высокие показатели кислотности характерны для поверхностных горизонтов. Среднее значение $pH_{H2O}$ равно 4,87, $pH_{KCl}$ – 3,97.

Результаты анализа валового содержания ТМ в почвах на территории заповедника Костомукшский показали, что Mn и Zn сосредоточены преимущественно в верхних горизонтах, а Fe, Ba, Ni и Cr в иллювиальных. При этом следует отметить, что содержание Fe превышает значение регионального фона.

Анализ валового содержания ТМ в почвах города и в районе КГОКа позволяет сделать вывод об интенсивной аккумуляции большинства изученных металлов в поверхностных горизонтах по сравнению с почвами заповедника. При этом концентрации Zn, Ni и Ba превышают значения ОДК. Для Zn такие превышения фиксируются на большинстве из изученных площадок, в отдельных случаях ОДК по Zn превышается более чем в 3,5 раза. Максимальные концентрации Ni отмечены на площадках на КГОКе – превышение ОДК более чем в 2 раза.

При анализе распределения валовых содержаний ТМ в почвенных разрезах вблизи КГОКа отмечено изменение в характере аккумуляции некоторых металлов по горизонтам почвы. Так, если в почвах заповедника Cd, Pb, Fe накапливаются в нижних (иллювиальных) горизонтах, то под действием техногенного загрязнения отмечается увеличение содержания этих металлов в поверхностном (аккумулятивном) горизонте. Накопление Mn и Zn в почвах имеет неустойчивый характер и зависит от положения в рельефе. Для остальных металлов характерно быстрое вымывание из поверхностных горизонтов и накопление именно в нижележащих иллювиальных горизонтах.

Анализ концентраций подвижных форм ТМ в почвах Костомукшского заповедника показал, что содержание Mn, Zn, Cd, Pb и Ni в поверхностных горизонтах выше, чем в иллювиальных. Обратная картина наблюдается для Co, Cr и Fe, что может указывать на влияние подстилающих пород. На исследованной территории почвы характеризуются повышенной кислотностью, которая оказывает влияние на подвижность металлов. По подвижным формам превышение ПДК отмечается в поверхностных горизонтах для Mn, Zn и Pb, а для Cu - во всех горизонтах. Повышенное содержание Fe в горизонте B связано с характером подстилающей поверхности. Степень подвижности ТМ зависит от формы рельефа, а также от почвенного горизонта. В поверхностных горизонтах исследованных почв подвижность элементов выше, чем в иллювиальных. Это может быть обусловлено влиянием атмосферных осадков, а также возможным аэротехногенным переносом [1].

Анализ содержания ТМ в корке сосны обыкновенной *Pinus sylvestris,* выполненный как для растений, произрастающих в Костомукшском заповеднике, так и для произрастающих в черте города и на территории КГОКа, показал существенные различия в накоплении металлов в растениях фоновых и нарушенных территорий. Установлено, что в естественных условиях концентрация ТМ значительно ниже кларковых показате-

лей. Однако интенсивная горнодобывающая деятельность Костомукшского ГОКа влечет за собой значительные изменения химического состава компонентов геосистем. Загрязнение природной среды в зоне воздействия комбината индицируется увеличением содержания всех ТМ в растениях. В зоне влияния комбината концентрации многих металлов превышают локальный биогеохимический фон в десятки раз. Анализ проб корки сосны, отобранных на территории детских садов в г. Костомукша показал превышение концентрации Cd, Zn, Pb и Ni над кларком соответственно в 9-21; 1,5-2; 4-7 и 1,5-6,5 раз. Концентрации Mn и Cu в корке сосны на этих площадках, ниже кларка.

Такие превышения фоновых значений в почвах и корке сосны могут быть связаны как с влиянием непосредственно техногенной деятельности (КГОК, городская инфраструктура), так и зависеть от изменений общих физико-химических условий произрастания растений. Таким образом, можно сделать вывод, что для точной оценки риска загрязнения лесных экосистем с учетом ландшафтно-геохимических особенностей региона необходимо проведение дальнейших исследований с использованием широкого спектра видов растений-представителей различных жизненных форм.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Арестова И.Ю., Опекунова М.Г., Елсукова Е.Ю., Кукушкин С.Ю. Мониторинговые исследования растительных сообществ Костомукшского заповедника // Мониторинг и оценка состояния растительного мира: материалы V Международной научной конференции (Минск - Беловежская Пуща, 8 - 12 октября 2018 г.). - Минск: Колорград, 2018. С.13-15.

2. Пантелеева Я.Г. Геохимические изменения окружающей среды в зоне влияния горнопромышленного комплекса ОАО "Карельский окатыш"/Автореферат дисс. к.г.-м.н: 25.00.09. С.-Петерб. гос. гор. ин-т им. Г.В. Плеханова., СПб, 2009. 20с

**Благодарности.** Исследования выполнены при поддержке при поддержке Гранта РФФИ № 18-05-00217.